



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: Q79566

Teiichiro UMEZAWA, et al.

Appln. No.: 10/762,574

Group Art Unit: 2651

Confirmation No.: 3033

Examiner: unknown

Filed: January 23, 2004

For: MAGNETIC DISK AND METHOD OF PRODUCING THE SAME

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

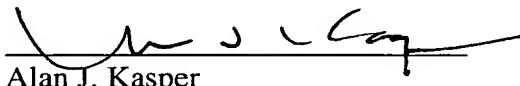
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860


Alan J. Kasper
Registration No. 25,426

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER

Enclosures: Japan 2003-014185

Date: June 28, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 2 3 日
Date of Application:

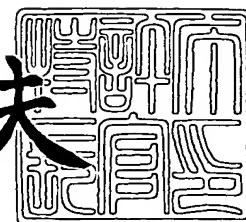
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 1 4 1 8 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 1 4 1 8 5]

出 願 人
Applicant(s): H O Y A 株式会社
 ホーヤ マグネティクス シンガポール プライベートリミ
 テッド

2 0 0 4 年 1 月 2 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 02P21030

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/66
G11B 5/82

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 H O Y A 株式会社
内

【氏名】 梅澤 禎一郎

【発明者】

【住所又は居所】 シンガポール共和国 6 3 8 5 5 2 リンク 2 ツアス
3 ホーヤ マグネティクス シンガポール プライ
ベートリミテッド内

【氏名】 諸石 圭二

【特許出願人】

【識別番号】 000113263

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号

【氏名又は名称】 H O Y A 株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 501259732

【住所又は居所】 シンガポール共和国 6 3 8 5 5 2 リンク 2 ツアス
3

【氏名又は名称】 ホーヤ マグネティクス シンガポール プライベート
リミテッド

【代理人】

【識別番号】 100113343

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 武史

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 154299

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気ディスク及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスク基板上に磁性層を備える磁気ディスクであって、
前記磁性層は、第 1 の磁性層と、第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含み、前記スペーサー層の表面粗さRaは、前記スペーサー層の膜厚以下であることを特徴とする磁気ディスク。

【請求項 2】 ディスク基板上に磁性層を備える磁気ディスクであって、
前記磁性層は、第 1 の磁性層と、第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含み、前記スペーサー層の表面粗さRaは、0.5nm以下であることを特徴とする磁気ディスク。

【請求項 3】 ディスク基板上に磁性層を備える磁気ディスクであって、
前記磁性層は、第 1 の磁性層と、第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含み、前記ディスク基板の表面粗さRaは、前記スペーサー層の膜厚以下であることを特徴とする磁気ディスク。

【請求項 4】 ディスク基板上に磁性層を備える磁気ディスクであって、
前記磁性層は、第 1 の磁性層と、第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含み、前記ディスク基板の表面粗さRaは、0.5nm以下であることを特徴とする磁気ディスク。

【請求項 5】 前記スペーサー層は、前記第 1 の磁性層の材料及び第 2 の磁性層の材料よりも高融点材料で構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の磁気ディスク。

【請求項 6】 前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層は、前記スペーサー層とエピタキシーであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の磁気ディスク。

【請求項 7】 前記交換結合膜は、反強磁性型の結合をしていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載の磁気ディスク。

【請求項 8】 ディスク基板上に、第 1 の磁性層と、第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含む磁性層を有する磁気ディスクの製造方法であって、

予め、前記ディスク基板の表面粗さRaと、前記磁気ディスクの熱揺らぎによる信号減衰量との相関関係を求めておき、この相関関係に基づいて所望の前記信号減衰量となるように前記ディスク基板の表面粗さRaを定めることを特徴とする磁気ディスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、HDD（ハードディスクドライブ）等の情報を記録するための磁気ディスク装置に搭載する磁気ディスクに関する。

【0002】

【従来の技術】

今日、情報記録技術、特に磁気記録技術は I T 産業の発達に伴い飛躍的な技術革新が要請されている。たとえば、HDD等の磁気ディスク装置に搭載する磁気ディスクでは、20Gbit/inch²以上の情報記録密度を達成できる技術が求められている。このような高記録密度においては、磁気ディスク上に記録した信号が時間の経過と共に減衰する、所謂熱揺らぎ現象と呼ばれる障害が発生する場合があることが知られている。この熱揺らぎ障害の原因は、このような高記録密度を達成できるように磁性層の磁性グレインを微細化した結果として、記録信号の磁化が熱磁気余効（熱揺らぎ磁気余効）を起こし易くなったためであると考えられている。この熱揺らぎ障害を解決するために、例えば特開2001-56924号公報には、磁気記録媒体に交換層構造を導入することで、書き込まれたビットの熱安定性を向上させようとする技術が開示されている。

【0003】

ところが、情報記録密度が40Gbit/inch²を超えるようになると、単にこのような交換層構造を導入するだけでは、熱揺らぎ障害を十分に改善することが困難となってきた。本発明者らが研究したところ、40Gbit/inch²以上の記録密度を達成

しようとする場合、S/N比を向上させる必要から、例えば20Gbit/inch²の記録密度を実現する磁性粒子のグレインサイズに比べて、グレインサイズを大凡8割程度以下にすることが好ましい。しかし、これほどまでにグレインサイズを微細化すると、熱安定性係数 KuV/kT が小さくなりすぎる結果、最早、従来の交換層構造を導入するだけでは熱揺らぎ障害を十分に防止できないものと考えられる。なおここで、 Ku は磁気異方性定数、 V は活性化体積、 k はボルツマン定数、 T は温度である。

従来、この課題に対処するために、上記公開公報に開示された技術の改善技術として、更に、磁性層の元素濃度を調整する（例えば磁性層の白金（Pt）濃度を高める等）改善技術、磁性層の膜厚を調整する改善技術、磁性層を複層化する改善技術、保磁力（ H_c ）を高める改善技術等を単独或いは組み合わせて行う方法が知られている。これら従来の改善技術は、磁気記録媒体の磁気異方性定数 Ku を増大させることにより、或いは、活性化体積 V を向上させることにより、熱安定性係数 KuV/kT を向上させるアプローチの一環であると言える。

【0004】

【特許文献1】

特開 2001-56924 号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、これら従来の改善技術では、 Ku や V を向上させることにより、熱安定性係数を改善させることは出来るが、一方で媒体ノイズ N を悪化させてしまうという問題が発生する。即ち、従来の改善技術では、熱揺らぎ現象に対する耐性を改善することと引き換えにS/N比を悪化させてしまうトレードオフに陥るので、高記録密度を達成するための条件は極めて限定的であり、安定した量産は困難であった。従って、従来の改善技術では、40Gbit/inch²以上の高記録密度を達成することは事実上困難となっていた。

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、例えば40Gbit/inch²以上の記録密度でも熱揺らぎ障害を防止でき、かつ、高S/N比の磁気ディスクを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、S/N比を低下させることなく、高い熱揺らぎ耐性を持った磁気ディスクを安定的に得るという課題を解決するものであって、本発明者らが、従来の改善技術とは異なるアプローチに基づき完成したものである。

本発明者らは、鋭意検討の結果得られた知見に基づいて、以下の構成を有する発明を完成した。

（構成1）ディスク基板上に磁性層を備える磁気ディスクであって、前記磁性層は、第1の磁性層と、第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含み、前記スペーサー層の表面粗さRaは、前記スペーサー層の膜厚以下であることを特徴とする磁気ディスク。

（構成2）ディスク基板上に磁性層を備える磁気ディスクであって、前記磁性層は、第1の磁性層と、第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含み、前記スペーサー層の表面粗さRaは、0.5nm以下であることを特徴とする磁気ディスク。

【0007】

（構成3）ディスク基板上に磁性層を備える磁気ディスクであって、前記磁性層は、第1の磁性層と、第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含み、前記ディスク基板の表面粗さRaは、前記スペーサー層の膜厚以下であることを特徴とする磁気ディスク。

（構成4）ディスク基板上に磁性層を備える磁気ディスクであって、前記磁性層は、第1の磁性層と、第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含み、前記ディスク基板の表面粗さRaは、0.5nm以下であることを特徴とする磁気ディスク。

（構成5）前記スペーサー層は、前記第1の磁性層の材料及び第2の磁性層の材料よりも高融点材料で構成されることを特徴とする構成1乃至4の何れかに記載の磁気ディスク。

【0008】

(構成6) 前記第1の磁性層と第2の磁性層は、前記スペーサー層とエピタキシーであることを特徴とする構成1乃至5の何れかに記載の磁気ディスク。

(構成7) 前記交換結合膜は、反強磁性型の結合をしていることを特徴とする構成1乃至6の何れかに記載の磁気ディスク。

(構成8) ディスク基板上に、第1の磁性層と、第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備える交換結合膜を含む磁性層を有する磁気ディスクの製造方法であって、予め、前記ディスク基板の表面粗さRaと、前記磁気ディスクの熱揺らぎによる信号減衰量との相関関係を求めておき、この相関関係に基づいて所望の前記信号減衰量となるように前記ディスク基板の表面粗さRaを定めることを特徴とする磁気ディスクの製造方法。

【0009】

本発明に言う交換結合膜とは、構成1にあるように、第1の磁性層と、第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に形成されたスペーサー層とを備え、該スペーサー層は、前記第1の磁性層と第2の磁性層とが交換結合するように作用する膜のことである。

このような交換結合は、交換相互作用により惹起される。交換相互作用は、磁気スピンモーメント間の距離に依存して、交換積分、交換エネルギーが変動する。交換相互作用は、量子力学的に説明される相互作用であり、両磁気スピンモーメント間の距離が大凡0.05nm~0.1nm程度変化しただけでも、交換積分や交換エネルギーが変動してしまう微視的な相互作用である。

本発明者らは、前記課題を解決するために研究を重ねた結果、媒体ノイズNを悪化させること無く、熱揺らぎ障害を防止するためには、磁性層間の交換結合を磁気ディスク面上の微細な領域において、精密に一定となるように制御すれば良いことを見い出した。本発明者らの考察によれば、前記第1の磁性層と第2の磁性層との距離を、磁気ディスク面上の微細な領域においても精密に一定となるように制御することが出来れば、両磁性層間の交換結合の程度が、磁気ディスク面上の微細な領域においても精密に一定に出来るので、微細な領域における熱揺らぎ現象の面内分布を抑制できるものと考えられる。熱揺らぎ現象の面内分布が抑

制できれば、過度に熱揺らぎを起こし易いクラスタを低減させる事が出来るので、統計和的に、磁気ディスク全体としての熱揺らぎ現象に対する耐性が向上されるものと考えられる。

【0010】

本発明によれば、磁性層の組成や膜厚、保磁力Hc等を調整せずに、即ち媒体ノイズNを悪化させること無く、高い熱揺らぎ耐性が得られる。このため、従来の改善技術によるアプローチで陥った熱揺らぎ耐性とS/N比との間のトレードオフを生じることなく、高記録密度化に適した磁気ディスクを得ることが出来る。また、上述のトレードオフによる制約が生じないことにより、従来の改善技術に比べて、量産時の設計上の選択範囲を広く確保できるため、安定した高品位の磁気ディスクを大量に安価で提供できるようになる。

前記したように、第1の磁性層と第2の磁性層との間に働く交換結合は、前記スペーサー層を介在させることにより作用している。そして、このスペーサー層の膜厚を所定とすることで、第1の磁性層と第2の磁性層との間の距離を制御し、交換結合の程度を所望としている。

本発明者らは、第1の磁性層と第2の磁性層との間の距離を微細な領域において阻害している要因を検討したところ、スペーサー層の表面粗さが阻害要因となっていることを突き止めた。スペーサー層の表面粗さが例えばスペーサー層の膜厚に対して粗いと、微細な領域におけるスペーサー層の凹凸に応じて両磁性層間の距離が変動するので、交換結合にバラツキが発生してしまうものと考えられる。従って、スペーサー層の表面粗さRaをスペーサー層の膜厚以下とすることで、上記交換結合のバラツキが抑制されと考えられ、高い熱揺らぎ耐性が得られる。なお本発明において、表面粗さRaとは、日本工業規格（JIS）B0601に定める算術平均粗さRaのことである。

【0011】

また、スペーサー層の表面粗さRaを0.5nm以下とすることで、同様に上記交換結合のバラツキが抑制されと考えられ、高い熱揺らぎ耐性が得られる。更に、スペーサー層の表面粗さRaは、スペーサー層の膜厚以下であって、かつ0.5nm以下であれば、上記交換結合のバラツキが更に抑制されと考えられ、特に優れた

熱揺らぎ耐性が得られる。

また更には、スペーサー層の表面粗さ R_a を0.4nm以下とすると、本発明の作用効果が一層顕著になるので好ましい。

本発明においては、スペーサー層の表面粗さ R_a だけではなく、同時に、スペーサー層の表面粗さ R_{max} を6nm以下とすることも好適である。ここで、表面粗さ R_{max} とは、日本工業規格（JIS）B0601に定める最大高さ $R_{max}(R_y)$ のことである。

スペーサー層の算術平均粗さ R_a と同時に最大高さ R_{max} を要件とすることで、平均粗さに比べて高い粗さ、例えば異常突起等によるスペーサー層の表面粗さを抑制することが出来るので、本発明にとって好適である。更には、スペーサー層の表面粗さ R_{max} を4nm以下とすると、本発明の作用効果が一層顕著になるので好ましい。

なお、本発明において、上記表面粗さ R_a 又は R_{max} の下限値を特に制限する必要はなく、スペーサー層の表面が平滑であればあるほど本発明の作用効果が一層顕著に発揮される。但し、例えばHDI特性等を劣化させないように実用上の下限値を設けることは構わない。この観点からは、例えば上記スペーサー層の表面粗さ R_a は0.1nm以上、 R_{max} は1nmという下限値を設けることは実上好ましい。

【0012】

本発明における表面粗さは、原子間力顕微鏡（AFM）で測定した数値を用いることが好ましい。AFMは原子間力を用いて微細な領域の形状を精密に評価することが出来るので、本発明には好適である。

本発明において、スペーサー層の膜厚は、具体的には、0.4nm～1.2nm、特に0.5nm～1nmとするのが好ましい。スペーサー層の膜厚がこの範囲であれば、スペーサー層を介して前記第1の磁性層と第2の磁性層とが好適に交換結合できるので、熱揺らぎ障害に対する耐性を向上させることが出来る。

また本発明においては、前記第1の磁性層とスペーサー層と第2の磁性層とをこの順で互いに接して形成することも好ましい。このように構成することで、スペーサー層を介して前記第1の磁性層と第2の磁性層とが好適に交換結合できるので、熱揺らぎ障害に対する耐性を向上させることが出来る。勿論、スペーサー層と第1の磁性層との間、スペーサー層と第2の磁性層との間に、それぞれ他の

層を含めてもよい。

本発明においては、第1の磁性層と第2の磁性層をそれぞれ複数の磁性層で構成してもよい。

【0013】

本発明においては、前記第2の磁性層を磁気記録層として用いることが出来るが、第2の磁性層の上に、更に第3の磁性層を形成することも好ましい。この場合、第1の磁性層とスペーサー層と第2の磁性層とを含む交換結合膜の上に、第3の磁性層が形成されることになる。このように構成すると、第1の磁性層は交換結合を制御する層、第2の磁性層は交換結合を制御するとともに、第3の磁性層の結晶配向性を制御する層、第3の磁性層は磁気記録層として用いることが出来る。これにより、第3の磁性層の結晶配向性が向上するので、高記録密度化に資することが出来る。なお、必要に応じて、第2の磁性層と第3の磁性層との間に、結晶配向性を更に促進する層を設けてもよい。

本発明において、磁気記録層を構成する磁性粒子の平均グレインサイズは10nm以下、好ましくは8nm以下である。従来はこのような微細なグレインサイズの場合、高いS/N比が得られる反面、熱揺らぎ障害が特に発生しやすいという課題があったが、本発明では前述のように熱揺らぎ耐性が向上しているので、このような微細なグレインサイズの磁性粒子を磁気記録層に用いることが出来、高記録密度化に資することができる。

なお、磁性粒子の平均グレインサイズに下限値を設ける必要はないが、例えばグレインサイズが3nm未満になると、磁性粒子が超常磁性状態となる場合があり、実用上好ましくない場合がある。そこで、磁性粒子の平均グレインサイズは3nm以上という下限値を設けることは実用上好ましい。

【0014】

本発明においては、本発明の作用を損わない範囲内であれば、前記磁性層材料及びスペーサー層材料は特に制限を設ける必要は無い。

本発明においては、スペーサー層の材料は、磁性層の材料よりも高融点材料であることが好ましい。磁性層材料に比べてスペーサー層材料の融点が高いと、スペーサー層の成膜時に膜厚が微細な領域において不均一になり易く、その結果ス

スペーサー層の表面粗さを粗くしてしまう場合がある。特に、磁性層とスペーサー層をスパッタリングで成膜した場合、磁性層材料に比べてスペーサー層材料の融点が高いと、スペーサー層材料のスパッタ粒子が磁性層上でマイグレートしやすく、スペーサー層の表面粗さが粗くなり易い。

本発明では、前記磁性層の材料は強磁性材料であることが好ましく、またスペーサー層の材料は非磁性材料であることが好ましい。このような材料を用いることで、磁性層間の交換結合を好適に制御することが出来る。この観点からは、磁性層の材料が例えばCo系合金強磁性材料の場合は、スペーサー層の材料は例えばRu又はRu系合金非磁性材料とするのが好適である。

【0015】

Co系合金強磁性材料として具体的には、CoPt系合金、CoCr系合金、CoCrPt系合金等が挙げられる。CoPt系合金は高い磁気異方性定数 K_u が得られるので熱揺らぎ耐性の観点から好ましい。また、CoCr系合金やCoCrPt系合金も高い熱揺らぎ耐性が得られるので好ましい。また、必要に応じてTaを添加したCoCrPtTa系合金も好ましい。中でも、本発明における磁性層材料としては、CoCrPt系合金が好適であり、特にCoCrPtB系合金が好ましい。CoCrPt系合金にBを含有させることでS/N比を更に向上させることが出来、高記録密度化に特に好適である。

なお、本発明の作用を損わない範囲で、前記第1の磁性層と第2の磁性層の材料、膜厚を適宜調整してもよい。また、前記第3の磁性層を設ける場合にも、該層の材料、膜厚を本発明の作用を損わない範囲で適宜調整してもよい。

【0016】

本発明においては、前記第1の磁性層と第2の磁性層は、スペーサー層とエピタキシャルな関係で形成されることが好ましい。非エピタキシャルな関係で形成されると、スペーサー層の表面粗さが粗くなる場合がある。

よって、磁性層材料の結晶構造とスペーサー層の結晶構造とは、同一であることが好ましい。この場合、第1の磁性層と第2の磁性層は、スペーサー層とエピタキシャルな関係で形成され易くなり、本発明には好適である。この観点から、磁性層及びスペーサー層は共にhcp結晶構造からなる材料を用いることが好ましい。

本発明において、磁性層に含まれる交換結合膜は、反強磁性型の結合をしていることが好ましい。ここでいう反強磁性型の結合とは、前記第1の磁性層の磁化方向と第2の磁性層の磁化方向とが互いに反平行となる結合のことである。このように反強磁性型の結合をした交換結合膜を用いると、前記活性化体積Vを維持したまま、即ち熱揺らぎ耐性を低下させることなく、実効的に磁気記録を担う層の膜厚を低減することが出来るので、媒体ノイズNを抑制することが出来、高いS/N比を得ることが出来るため、本発明には好ましい。

【0017】

また、以上の知見を踏まえ、本発明者らは更に検討を進めたところ、スペーサー層の表面粗さはディスク基板の表面粗さに依存するので、ディスク基板の表面粗さRaをスペーサー層の膜厚以下とすれば、スペーサー層の表面粗さがその膜厚に対して低減できるので、前記交換結合のバラツキが抑制され、高い熱揺らぎ耐性が得られることを見出し、前記構成3の発明を完成した。ディスク基板の表面粗さRaがスペーサー層の膜厚を超えた場合、その上に形成されるスペーサー層の表面粗さを所望の表面粗さとすることが困難になる場合があるが、ディスク基板の表面粗さRaをスペーサー層の膜厚以下とすれば、所望のスペーサー層の表面粗さを得ることができるようになる。

また、前記構成4の発明にあるように、ディスク基板の表面粗さRaを0.5nm以下とすることで、同様にスペーサー層の表面粗さを低減でき上記交換結合のバラツキが抑制されると考えられ、高い熱揺らぎ耐性が得られる。更に、ディスク基板の表面粗さRaが、スペーサー層の膜厚以下であって、かつ0.5nm以下であれば、上記交換結合のバラツキが更に抑制されると考えられ、特に優れた熱揺らぎ耐性が得られる。

また更には、ディスク基板の表面粗さRaを0.4nm以下とすると、本発明の作用効果が一層顕著になるので好ましい。

【0018】

本発明において、ディスク基板の表面粗さRaだけではなく、同時に、スペーサー層の表面粗さRmaxを5nm以下、好ましくは4nm以下とすると、本発明の作用効果が一層顕著になるので好ましい。

なお、本発明において、上記ディスク基板の表面粗さRa又はRmaxの下限値を特に制限する必要はなく、ディスク基板の表面が平滑であればあるほど本発明の作用効果が一層顕著に発揮される。但し、例えばHDI特性等を劣化させないように実用上の下限値を設けることは構わない。この観点からは、例えばディスク基板の表面粗さRaは0.05nm以上、Rmaxは0.5nmという下限値を設けることは実上好ましい。ディスク基板の表面粗さについても、前記原子間力顕微鏡（AFM）で測定した数値を用いることが好ましい。

【0019】

また、本発明者らは更なる検討の結果、予め、ディスク基板の表面粗さRaと、該ディスク基板上に磁性層を形成した磁気ディスクの熱揺らぎによる信号減衰量との相関関係を求めておき、この相関関係に基づいて所望の前記信号減衰量となるように前記ディスク基板の表面粗さRaを定めることにより、本発明の磁気ディスクを安定して得ることが出来ることを見い出した。即ち、前記構成8にあるように、ディスク基板上に交換結合膜を含む磁性層を有する磁気ディスクの製造方法であって、予め、前記ディスク基板の表面粗さRaと、前記磁気ディスクの熱揺らぎによる信号減衰量との相関関係を求めておき、この相関関係に基づいて所望の前記信号減衰量となるように前記ディスク基板の表面粗さRaを定めることを特徴とする磁気ディスクの製造方法を提供するものである。この製造方法により、優れた熱揺らぎ耐性と高S/N比を有し高記録密度化に適した磁気ディスクを安価で大量に安定的に得ることが出来るようになる。

【0020】

本発明において、ディスク基板としてはガラス基板を使用するのが好ましい。ガラス基板は、表面を高精度に平滑にすることが出来るので、その上に形成される交換結合膜のスペーサー層の表面粗さを低減することが出来る。ガラスとしては、アモルファスガラス、結晶化ガラス等があるが、特にアモルファスガラスは非晶質で表面平滑性が高いので本発明には好適である。ガラス基板の材質としては、例えば、アルミノシリケートガラス、ソーダライムガラス、ソーダアルミノシリケートガラス、アルミノボロシリケートガラス、ボロシリケートガラス、石英ガラス、チェーンシリケートガラス等が挙げられる。中でも、アルミノシリケ

ートガラスは、高精度に平滑な表面を得ることが出来、また化学強化により高い剛性を得ることが出来るので、本発明に好適である。ガラス基板の厚さは、特に制約は無いが、0.1mm～1.5mm程度が好ましい。

本発明においては、ディスク基板と磁性層との間に、適宜、下地機能層を設けることも好ましい。このような下地機能層としては、上層のグレインを微細化させる機能を有する微細化促進層、上層のグレインを均一に微細化させる機能を有するシード層、磁性層の結晶粒子に配向性を付与する機能を有する下地層、磁性層の結晶粒子の配向性を向上させる機能を有する中間層等が挙げられる。但し、これらの下地機能層は、凹凸を形成しないように設けることが好ましい。

【0021】

上記微細化促進層としては、シード層等の上層のグレインを微細化するように、アモルファス金属膜を用いることが好ましく、例えばCrTi系合金膜、CrTa系合金膜等が挙げられる。中でも、CrTi系合金膜は、微結晶を含むアモルファス金属膜を形成するので特に好ましい。

シード層としては、下地層等の上層のグレインを均一に微細化するように、bcc又はB2結晶構造の金属膜を用いることが好ましい。例えば、Al系合金、Cr系合金、NiAl系合金、NiAlB系合金、AlRu系合金、AlRuB系合金、AlCo系合金、FeAl系合金等のbccまたはB2結晶構造型合金等を用いることにより、磁性粒子の微細化を図ることができる。特に、AlRu系合金膜は、磁性粒子の微細化作用に優れているので好ましい。

下地層としては、bcc結晶構造のCr系合金膜が好適であり、CrMo系合金、CrV系合金、CrW系合金、CrTi系合金等が挙げられる。また、中間層としては、hcp結晶構造のCo系合金膜が好適である。

【0022】

本発明の磁気ディスクは、前記磁性層上に、適宜、保護層及び潤滑層を設けることも好ましい。保護層としては、炭素系保護層が好適である。また、潤滑層としては、例えばパーフルオロポリエーテル化合物が好適である。

本発明において、上記各層を成膜する方法については、公知の技術を用いることができ、たとえばスパッタリング法（DCマグネトロンスパッタ、RFスパッタ等

）、プラズマCVD法等を採用できる。また、前記潤滑層の形成は、ディップ法、スプレー法、スピコート法等、公知の方法を用いることが出来る。

本発明において、磁気ディスクの保磁力 H_c は、2500エルステッド以上とすることが好ましい。保磁力を2500エルステッド以上とすると、十分な磁気異方性定数 K_u が得られるようになる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下に実施例を挙げて、本発明の実施の形態についてさらに具体的に説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

（実施例1）

本実施例の磁気ディスク10は、図1に示すように、ガラス基板1上に、微細化促進層2、シード層3、下地層4、交換結合膜5、第3の磁性層6、保護層7、潤滑層8を順次積層してなる。ここで、上記交換結合膜5は、第1の磁性層5aと、該第1の磁性層5a上に設けたスペーサー層5bと、該スペーサー層5b上に設けた第2の磁性層5cとを備える。

【0024】

次に、本実施例の磁気ディスク10の製造方法を説明する。

本実施例では、まず、熔融ガラスから上型、下型、胴型を用いたダイレクトプレスにより直径66mm ϕ 、厚さ1.5mmの円盤状のアルミノシリケートガラスからなるガラス基板を得、これに研削、精密研磨、端面研磨、精密洗浄、化学強化を施すことにより、平滑な高剛性の磁気ディスク用ガラス基板1を製造した。精密研磨工程においては、ガラス表面の高度な平滑性が得られるよう、コロイダルシリカ研磨砥粒を含む研磨液を用いて精密研磨した。

上記工程を経て得られたガラス基板1の表面粗さを原子間力顕微鏡（AFM）にて測定したところ、平均粗さ $R_a=0.29\text{nm}$ 、平均粗さ（最大高さ） $R_{\text{max}}=2.93\text{nm}$ と超平滑な表面を持つ磁気ディスク用ガラス基板であることを確認した。 R_a 及び R_{max} は、JISのB0601の規定に従って求めた（以下も同様）。なお、AFMによる観察結果では、テクスチャ等の凹凸は観察されなかった。得られたガラス基板1は、外径は65mm、内径は20mm、板厚は0.635mmの2.5インチ型磁気ディスク用基板

であった。

【0025】

次に、静止対向型スパッタリング成膜装置を用いて、上記ガラス基板1上に、各層の成膜を行った。

即ち、まず非磁性CrTi合金からなるターゲットを用いて、ガラス基板1上にCrTi合金の微細化促進層2を30nmの厚さに成膜した。この微細化促進層2は微結晶を含むアモルファス金属膜を形成していた。次に、スパッタリングターゲットとして非磁性AlRu (Al: 50at%, Ru: 50at%) 合金を用い、微細化促進層2上に膜厚20nmのAlRu合金からなるシード層3を成膜した。このシード層3は、B2結晶構造を形成していた。次に、スパッタリングターゲットとして非磁性CrW (Cr: 85at%, W: 15at%) 合金を用い、シード層3上に、膜厚10nmのCrW合金からなる下地層4を成膜した。この下地層4はbcc結晶構造を備えていた。

【0026】

次に、上記下地層4上に、反強磁性型の結合の交換結合膜5を成膜した。まず、hcp結晶構造の強磁性CoCr合金からなるターゲットを用いて、下地層4上にCoCr (Co: 88at%, Cr: 12at%) 合金からなるhcp結晶構造の第1の磁性層5aをエピタキシャルに2.5nmの厚さに成膜した。CoCr合金の融点は略1450℃である。次に、hcp結晶構造の非磁性Ru金属からなるターゲットを用いて、第1の磁性層5a上にRu金属からなるhcp結晶構造のスペーサー層5bをエピタキシャルに0.7nmの厚さに成膜した。Ru金属の融点は略2250℃である。このスペーサー層5bの表面粗さを原子間力顕微鏡 (AFM) にて測定したところ、平均粗さRa=0.34nm、平均粗さ (最大高さ) Rmax=3.41nmであった。即ち、スペーサー層5bの表面粗さRaは、スペーサー層の膜厚 (0.7nm) 以下であり、平滑な表面であることが判る。

次に、hcp結晶構造の強磁性CoCrPtTa (Co: 70at%, Cr: 19at%, Pt: 9at%, Ta: 2at%) 合金からなるターゲットを用いて、スペーサー層5b上に、CoCrPtTa合金からなるhcp結晶構造の第2の磁性層5cをエピタキシャルに1nmの厚さに成膜した。CoCrPtTa合金の融点は略1450℃である。なお、第1の磁性層5a

の磁化方向と第2の磁性層5cの磁化方向とは、スペーサー層5bの介在及び互いの磁化により、反平行な結合となるよう制御されている。

【0027】

次に、hcp結晶構造の強磁性CoCrPtB (Co:61at%、Cr:20at%、Pt:12at%、B:7at%)合金からなるターゲットを用いて、上記交換結合膜5上に、CoCrPtB合金からなるhcp結晶構造の第3の磁性層6をエピタキシャルに15nmの厚さに成膜した。CoCrPtB合金の融点は略1450℃である。この第3の磁性層6は磁気記録層としての機能を有する。

次に、上記第3の磁性層6上に、水素化アモルファスカーボンからなる保護層7を5nmの厚さに成膜した。この保護層7は、浮上飛行する磁気ヘッドの撃力から磁性層を防護するためのものである。このように保護層7まで形成した磁気ディスク10をスパッタリング成膜装置から取り出し、ディップ法でPFPE (パーフルオロポリエーテル) 化合物を含む潤滑層8を1nmの厚さで成膜した。この潤滑層8は、浮上飛行する磁気ヘッドとの接触を緩和するためのものである。

【0028】

以上のようにして本実施例の磁気ディスク10を製造した。

得られた磁気ディスク10をTEM (透過型電子顕微鏡) で観察したところ、第3の磁性層 (磁気記録層) 6の平均グレインサイズは8nmであった。ここで言う平均グレインサイズとは、TEMで平面観察した磁気記録層表面の多数のグレインについてサイズを分析し、これを平均した数値である。また、磁気ディスク10をTEMで断面観察したところ、下地層4、交換結合膜5、第3の磁性層6はエピタキシーであることを確認した。

また、磁気ディスク10の磁気特性をVSM (振動試料型磁力計) を用いて評価したところ、磁化曲線は反強磁性型の交換結合を示していた。また、保磁力Hcは2850エルステッドであった。

次に、磁気ディスク10の熱揺らぎ現象について評価を行った。その評価方法について説明すると、磁気ディスク10を60℃の環境下に保持し、ライトトラック幅が2.0μm、リードトラック幅が0.5μm、浮上量が20nmのGMRヘッドを用いて、100kFciの線記録密度で磁気ディスクに信号を記録した上で、その記録信

号が時間経過と共に減衰していく減衰量をスペクトロアナライザーを用いて評価した。単位時間当たりの信号減衰量が大きいほど、熱揺らぎが発生しやすく、熱揺らぎ耐性の低い磁気ディスクといえる。通常、40Gbit/inch²以上の記録密度を得る磁気ディスクに求められる熱揺らぎ現象の限度は、本試験方法における信号減衰量で、-0.08dB/decadeと考えられ、所定規格とされる場合が多い。

【0029】

この評価方法により、本実施例の磁気ディスク10について熱揺らぎ現象の評価を行ったところ、信号減衰量は、-0.042dB/decadeであり、上記の所定規格を十分満足する結果であった。

次に、電磁変換特性(R/W特性)評価を行った。即ち、磁気ディスクの媒体ノイズNは、記録密度(1F)700kFciでキャリア信号を記録した後、DC~1Fの1.2倍周波数までの媒体積分ノイズとして求めた。再生出力Sは12F記録密度の信号の再生出力を用いた。記録再生に用いた磁気ヘッドの浮上量は15nm、再生素子はGMR型素子である。本実施例の磁気ディスク10の評価を行ったところ、そのS/N比は、28.8dBであった。このS/N比は、40Gbit/inch²以上の高記録密度を得る磁気ディスクの所要値として十分満足する結果であった。

なお、本実施例におけるディスク基板の表面粗さRaと熱揺らぎ信号減衰量との関係をプロットし(●印)、さらにスペーサー層の表面粗さRaと熱揺らぎ信号減衰量との関係もプロットした(◆印)ものを図2に示した。

【0030】

(実施例2)

本実施例では、実施例1の精密研磨工程におけるコロイダルシリカ研磨砥粒の粒径を変更することにより研磨を行ったこと以外は実施例1と同様に製造することにより、ガラス基板の表面粗さRa=0.44nm、Rmax=4.50nmのディスク基板を得た。得られたディスク基板上に実施例1と同様に成膜を行い、本実施例の磁気ディスクを得た。本実施例のスペーサー層5bの表面粗さを実施例1と同様に評価したところ、Ra=0.48nm、Rmax=5.13nmであった。即ち、スペーサー層5bの表面粗さRaは、スペーサー層の膜厚(0.7nm)以下であり、平滑な表面であることが判る。

また、本実施例の磁気ディスクについて、TEM分析結果、VSM評価結果は実施例 1 と同様の結果が得られた。

さらに、本実施例の磁気ディスクについて、実施例 1 と同様にして熱揺らぎ現象の評価を行ったところ、信号減衰量は、 -0.048dB/decade であり、所定規格を十分満足する結果であった。そして、本実施例の磁気ディスクのS/N比は 28.5dB であった。

なお、本実施例におけるディスク基板の表面粗さRaと熱揺らぎ信号減衰量との関係（●印）、及びスペーサー層の表面粗さRaと熱揺らぎ信号減衰量との関係（◆印）についても図 2 に示した。

【0031】

（比較例 1，2）

本比較例では、実施例 1 の精密研磨工程における研磨砥粒をコロイダルシリカ研磨砥粒から酸化セリウム研磨砥粒に変更することにより、ガラス基板の表面粗さ $Ra=0.65\text{nm}$ 、 $Rmax=6.99\text{nm}$ （比較例 1）、ガラス基板の表面粗さ $Ra=0.93\text{nm}$ 、 $Rmax=9.40\text{nm}$ （比較例 2）のディスク基板を得た。他の点は実施例 1 と同様の製造方法によるディスク基板である。

得られたディスク基板上に実施例 1 と同様成膜を行い、本比較例 1，2 の磁気ディスクを得た。本比較例のスペーサー層 5 b の表面粗さを実施例 1 と同様に評価したところ、 $Ra=0.75\text{nm}$ 、 $Rmax=7.20\text{nm}$ （比較例 1）、 $Ra=0.92\text{nm}$ 、 $Rmax=9.59\text{nm}$ （比較例 2）であった。即ち、スペーサー層 5 b の表面粗さRaは、比較例 1，2 の何れの場合もスペーサー層の膜厚（ 0.7nm ）を超えており、比較的粗い表面であることが判る。

また、本比較例 1，2 の磁気ディスクについて、TEM分析結果、VSM評価結果は実施例 1 と同様の結果が得られた。

さらに、本比較例の磁気ディスクについて、実施例 1 と同様にして熱揺らぎ現象の評価を行ったところ、信号減衰量は、 -0.088dB/decade （比較例 1）、 -0.095dB/decade （比較例 2）であり、熱揺らぎによる信号減衰量が大きいことが判った。そして、本比較例の磁気ディスクのS/N比は、 28.5dB （比較例 1）、 28.3dB （比較例 2）であった。

なお、本比較例 1, 2 におけるディスク基板の表面粗さRaと熱揺らぎ信号減衰量との関係 (●印)、及びスペーサー層の表面粗さRaと熱揺らぎ信号減衰量との関係 (◆印) についても図 2 に示した。

【0032】

以上説明した実施例 1, 2 と比較例 1, 2 の結果を比較すると、本実施例では、熱揺らぎ耐性が著しく向上する上に、高いS/N比を維持しており、従来の改善技術で陥っていた熱揺らぎ耐性とS/N比との間のトレードオフ問題を解決できることが判る。一方、比較例では、ディスク基板及びスペーサー層の表面粗さが比較的粗いために、交換結合のバラツキが発生し、熱揺らぎ耐性が劣っている。

ところで、本実施例の結果をプロットした図 2 は、ディスク基板の表面粗さRaと、該ディスク基板上に磁性層を形成した磁気ディスクの熱揺らぎによる信号減衰量との相関関係を示すものでもある。従って、この相関関係に基づいて所望の信号減衰量となるようにディスク基板の表面粗さRaを定めることができる。そして、精密研磨により、このように定めた表面粗さを備えたガラスディスク基板を製造し、その上に交換結合膜を含む磁性層等を形成することにより、優れた熱揺らぎ耐性と高S/N比を有し高記録密度化に適した磁気ディスクを安価で大量に安定的に得ることが出来る。

【0033】

(実施例 3)

本実施例では、熱揺らぎ現象への耐性を更に高める観点から、交換結合膜 5 の交換結合の強さが向上するように、第 1 の磁性層 5 a を複数の磁性層とした。これにより、交換結合を制御する第 1 の磁性層の作用を高めることが出来る。

具体的には、実施例 1 において、下地層 4 と、強磁性CoCr合金からなる第 1 の磁性層 5 a との間に、hcp結晶構造の強磁性CoCrPtTa合金からなるターゲットを用いて、スパッタリングにより、強磁性CoCrPtTa (Co:70at%、Cr:19at%、Pt:9at%、Ta:2at%) 合金からなるhcp結晶構造の磁性層をエピタキシャルに1nmの厚さに成膜した。該CoCrPtTa合金の融点は略1450℃である。該CoCrPtTa合金からなる磁性層は、その上の強磁性CoCr合金からなる磁性層と共同して第 1 の磁性層 5 a として機能する。この点以外は、実施例 1 と同様の製造方法による

磁気ディスクである。

本実施例において、スペーサー層 5 b の表面粗さRa (0.34nm) は、スペーサー層の膜厚 (0.7nm) 以下であり、平滑な表面であることが判る。

また、本実施例の磁気ディスクについて、TEM分析結果、VSM評価結果は実施例 1 と同様の結果が得られた。

さらに、本実施例の磁気ディスクについて、実施例 1 と同様に熱揺らぎ現象の評価を行ったところ、信号減衰量は、 -0.040dB/decade であった。これは所定規格の $1/2$ の減衰量であり、優れた熱揺らぎ耐性を示している。そして、本実施例の磁気ディスクのS/N比は28.8dBであった。

【0034】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、例えば 40Gbit/inch^2 以上の高記録密度でも、熱揺らぎ障害を防止できると同時に高いS/N比の磁気ディスクを得ることが出来る。

また、本発明によれば、優れた熱揺らぎ耐性と高S/N比を有し高記録密度化に適した磁気ディスクを安価で大量に安定的に得ることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例の磁気ディスクの層構成を模式的に示す断面図である。

【図2】

ディスク基板の表面粗さRaと熱揺らぎ信号減衰量との関係及びスペーサー層の表面粗さRaと熱揺らぎ信号減衰量との関係を示す図である。

【符号の説明】

- 1 ガラス基板
- 2 微細化促進層
- 3 シード層
- 4 下地層
- 5 交換結合膜
- 5 a 第1の磁性層

5 b スペーサー層

5 c 第 2 の磁性層

6 第 3 の磁性層

7 保護層

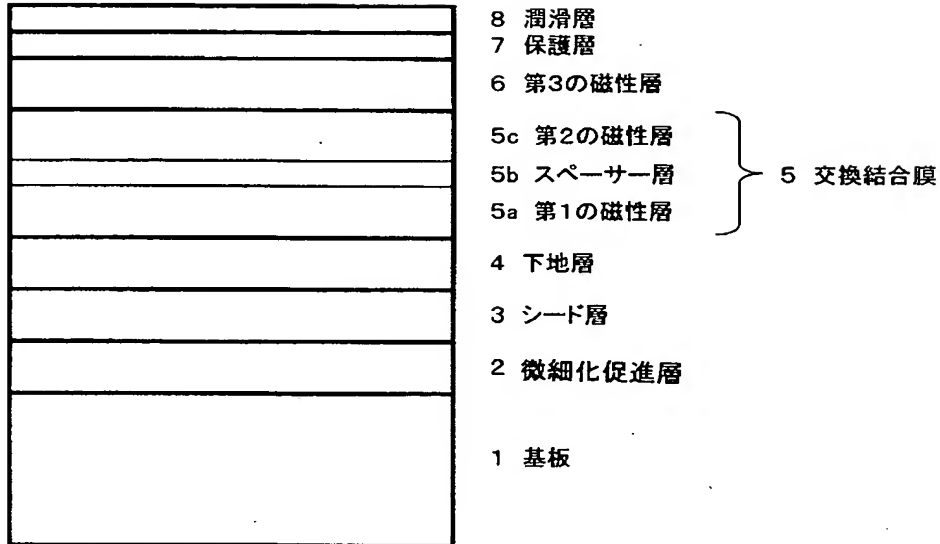
8 潤滑層

1 0 磁気ディスク

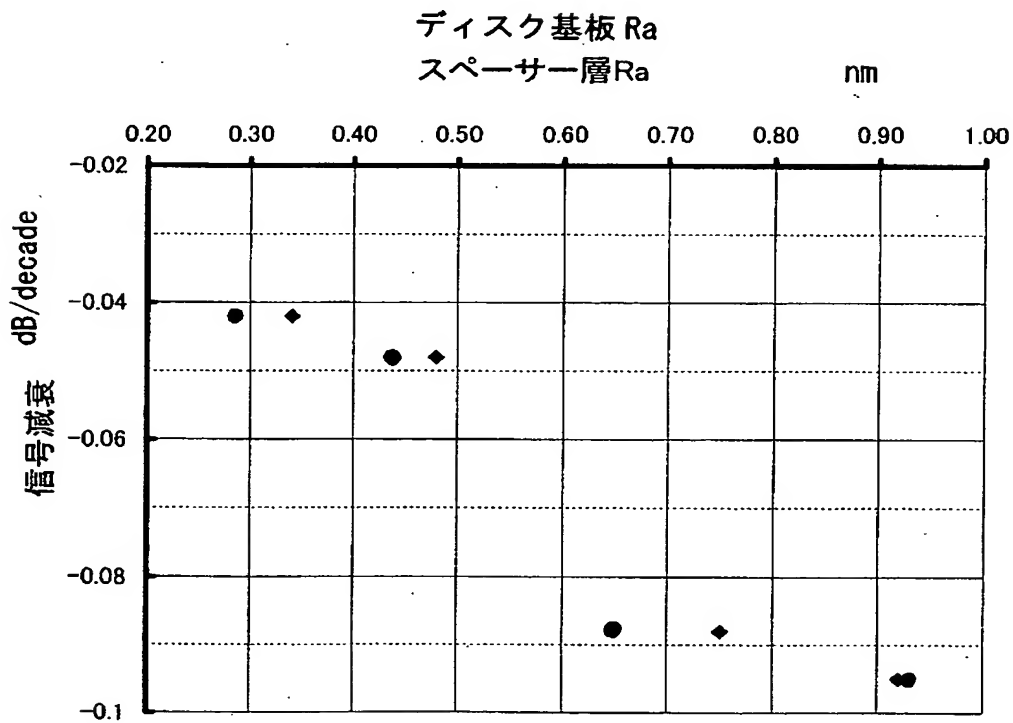
【書類名】 図面

【図 1】

磁気ディスク 10



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高記録密度でも熱揺らぎ障害を防止でき、かつ高S/N比の磁気ディスクを提供する。

【解決手段】 ディスク基板 1 上に磁性層を備える磁気ディスク 1 0 であり、前記磁性層は、第 1 の磁性層 5 a と、第 2 の磁性層 5 c と、前記第 1 の磁性層 5 a と第 2 の磁性層 5 c との間に形成されたスペーサー層 5 b とを備える交換結合膜 5 を含む。前記スペーサー層 5 b の表面粗さRaは、該スペーサー層 5 b の膜厚以下である。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 1 4 1 8 5
受付番号	5 0 3 0 0 1 0 1 0 6 9
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 5 年 1 月 2 4 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 1月23日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 1 4 1 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 1 3 2 6 3]

1. 変更年月日 2 0 0 2 年 1 2 月 1 0 日

[変更理由] 名称変更

住 所 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号

氏 名 H O Y A 株式会社

特願 2 0 0 3 - 0 1 4 1 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 2 5 9 7 3 2]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 6 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

シンガポール共和国 6 3 8 5 5 2 リンク 2 ツアス # 3

氏 名

ホーヤ マグネティクス シンガポール プライベートリミテ
ッド